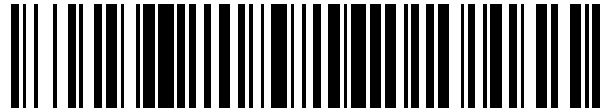


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 884 149**

51 Int. Cl.:

**A61B 3/10**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2018 PCT/NL2018/050117**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.08.2018 WO18156022**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2018 E 18710556 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021 EP 3585244**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para determinar un estado de una capa lagrimal**

30 Prioridad:

**23.02.2017 NL 2018411**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**10.12.2021**

73 Titular/es:

**CASSINI TECHNOLOGIES B.V. (100.0%)  
40A, Anna van Buerenplein  
2595 DA 's-Gravenhage, NL**

72 Inventor/es:

**HUIJBREGTSE, MAARTEN PIETER y  
DE VRIES, HAAIJE RIMMER**

74 Agente/Representante:

**PONTI & PARTNERS, S.L.P.**

**ES 2 884 149 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento para determinar un estado de una capa lagrimal

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un dispositivo para determinar un estado de una capa lagrimal de un ojo. La invención se refiere además a un procedimiento para determinar un estado de una capa lagrimal de un ojo.
- [0002]** La superficie de la córnea de un ojo normalmente está cubierta con una capa lagrimal, es decir, una capa de líquido lagrimal en la superficie de la córnea. Esta capa lagrimal también se conoce como película lagrimal o  
10 capa de película lagrimal. Debido a la evaporación del líquido lagrimal, la capa lagrimal gradualmente se vuelve más delgada durante el tiempo que el párpado permanece abierto después de parpadear. Después de un periodo de tiempo, la capa lagrimal incluso se romperá, pero normalmente, una persona parpadeará antes de la ruptura de la capa lagrimal. El movimiento del párpado sobre la superficie de la córnea restaurará la capa lagrimal.
- 15 **[0003]** En la técnica anterior, se han propuesto diversos dispositivos para monitorear el estado de la capa lagrimal, en particular, para determinar el tiempo de ruptura (TRPL) de una capa lagrimal. El periodo de tiempo entre un parpadeo de un ojo y la ruptura posterior de la capa lagrimal proporciona información sobre la calidad de la capa lagrimal formada durante el parpadeo del ojo.
- 20 **[0004]** El documento EP 1 844 702 describe un dispositivo configurado para medir de forma no invasiva el estado de la capa lagrimal formada en la superficie de la córnea. El dispositivo del documento EP 1 844 702 comprende un sistema de proyección óptica para proyectar un patrón en forma de anillo que comprende múltiples anillos concéntricos sobre la superficie de la córnea. Se proporciona un dispositivo de formación de imágenes, por ejemplo, una cámara CCD, para recibir una imagen de reflejo de la luz proyectada desde la superficie de la córnea.  
25 Una unidad operativa calcula el grado de distorsión de la imagen de reflejo en función de la distribución del valor de densidad de la imagen fotografiada por el dispositivo de formación de imágenes. En función del grado calculado de distorsión, la unidad operativa puede cuantificar el estado de la capa lagrimal.
- [0005]** Aunque el dispositivo del documento EP 1 844 702 proporciona un dispositivo que puede medir de forma no invasiva el estado de la capa lagrimal formada en la superficie de la córnea y que puede medir de forma cuantitativa el estado de la capa lagrimal sin utilizar una imagen de reflejo de la retina, los resultados del dispositivo siguen siendo limitantes.  
30
- [0006]** El documento WO 2012/078508 describe un topógrafo corneal que comprende fuentes de luz dispuestas para formar un patrón multicolor de puntos fuente en una córnea y un sistema de lente-cámara dispuesto para recibir rayos de luz reflejados, formando así un patrón de puntos de imagen.  
35
- [0007]** Por lo tanto, un objetivo de la invención es proporcionar un dispositivo y/o procedimiento para determinar un estado de la capa lagrimal, que sea capaz de proporcionar resultados mejorados con respecto a la determinación del estado de la capa lagrimal, o al menos, proporcionar un dispositivo y/o procedimiento alternativo, respectivamente.  
40
- [0008]** La invención proporciona un dispositivo para determinar un estado de la capa lagrimal del ojo, que comprende:  
45 al menos una fuente de luz dispuesta para formar un patrón de puntos fuente para proyectar una pluralidad de rayos de luz sobre una superficie de la córnea;  
un sistema lente-cámara dispuesto para recibir una respectiva pluralidad de rayos de luz reflejados en la superficie de la córnea, formando así un patrón de puntos de imagen; y  
una unidad informática dispuesta para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los puntos de  
50 imagen y/o para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los datos de puntos de imagen representativos y para proporcionar los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo a un usuario.
- [0009]** El dispositivo de la invención proporciona un patrón de puntos fuente para proyectar una pluralidad de rayos de luz sobre una superficie de la córnea y un patrón de puntos de imagen que está formado por una respectiva  
55 pluralidad de rayos de luz reflejados en la superficie de la córnea.
- [0010]** Se ha descubierto que los puntos de imagen pueden proporcionar una buena base para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo, ya que los puntos de imagen pueden proporcionar información sobre la distorsión más útil que, por ejemplo, un patrón de anillos como se propone en el documento EP 1 844 702. Por ejemplo, los  
60 puntos tienen una definición local más precisa. Se pueden reconocer deformaciones locales en todas las direcciones, mientras que los patrones en forma de anillo solo se pueden usar para detectar deformaciones dirigidas radialmente. Asimismo, en un patrón en forma de anillo puede ser más difícil distinguir entre la distorsión local y global de un patrón proyectado.
- 65 **[0011]** Como resultado del uso de un patrón de puntos de imagen, la determinación del estado de la capa

lagrimal se puede basar solo en unas pocas imágenes, es decir, menos de cinco imágenes. Preferentemente, la determinación se basa en una única imagen.

5 **[0012]** La unidad informática se puede disponer para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los puntos de imagen. La unidad informática se puede configurar, por ejemplo, para calcular un valor representativo del estado actual de la capa lagrimal en una ubicación o región determinada del ojo e indicar si este valor excede uno o más valores umbral.

10 **[0013]** También es posible que la unidad informática se disponga para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los datos de puntos de imagen representativos y para proporcionar los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo a un usuario, por ejemplo, un operador del dispositivo, un médico o cualquier otra persona interesada en estos datos. Estos datos representativos del estado de la capa lagrimal permiten al usuario determinar, preferentemente determinar directamente, el estado de la capa lagrimal del ojo.

15 **[0014]** Dado que el dispositivo de la invención permite al usuario obtener o determinar el estado de la capa lagrimal de un ojo, o al menos datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo, esta información también se puede usar para el diagnóstico de trastornos de la superficie ocular, tales como el síndrome del ojo seco. Además, dado que el estado de la capa lagrimal se puede determinar solo con unas pocas imágenes y, por lo tanto, dentro de un intervalo de tiempo pequeño, el dispositivo de la invención también se puede usar para monitorear el desarrollo de la capa lagrimal en el transcurso del tiempo. Por ejemplo, se puede determinar el tiempo de ruptura de una capa lagrimal.

20 **[0015]** Se observa que, en una realización, cada punto fuente puede tener su propia fuente de luz, por ejemplo, se puede proporcionar un led para cada punto fuente. En esta realización, el dispositivo tendrá una pluralidad de fuentes de luz. Como alternativa, todos los puntos fuente de subgrupos de puntos fuente se pueden unir a una única fuente de luz, por ejemplo, una fuente de luz cuya luz se distribuye sobre múltiples fibras ópticas, los puntos de extremo de la fibra óptica forman puntos fuente para emitir rayos de luz hacia la superficie corneal.

30 **[0016]** En una realización, la unidad informática se dispone para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo al comparar los puntos fuente y los puntos de imagen y/o comparar el patrón de los puntos fuente y el patrón de los puntos de imagen. La comparación de los puntos fuente y los puntos de imagen, o sus patrones, se puede usar para determinar el estado de la capa lagrimal. Una capa lagrimal normal y uniforme con suficiente grosor tendrá un reflejo similar a un reflejo. Como resultado, el punto de imagen y el punto fuente tendrán formas y/o dimensiones similares. Cuando el estado de la capa lagrimal disminuye, por ejemplo, en el caso de una capa lagrimal irregular o una capa lagrimal relativamente delgada, los puntos de imagen y/o su patrón formado a partir de los rayos de luz reflejados se distorsionarán más.

40 **[0017]** En una realización, la unidad informática se configura para determinar, para cada uno de múltiples puntos de imagen, un valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen, en la que el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen se puede usar para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo.

45 **[0018]** La distorsión local se define en esta solicitud como un grado en el que un punto fuente individual se refleja y recibe de forma imperfecta como un punto de imagen debido a una causa local. Este reflejo imperfecto lo provoca típicamente un estado local de la capa lagrimal, es decir, es independiente del estado de la capa lagrimal en otras ubicaciones. Dado que el reflejo imperfecto lo provoca un estado local de la capa lagrimal, la forma y la intensidad del reflejo serán típicamente diferentes para diferentes puntos de imagen, incluso si el estado de la capa lagrimal asociado con estos puntos de imagen es sustancialmente el mismo.

50 **[0019]** Un valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen, también denominado en esta solicitud como factor de distorsión local, proporciona un valor que es representativo del estado local de la capa lagrimal, ya que solo se tienen en cuenta los reflejos imperfectos provocados localmente.

55 **[0020]** En una realización, la unidad informática se puede disponer, por ejemplo, para establecer el valor representativo de la distorsión local mediante las siguientes etapas:

definir regiones alrededor de una posición central de cada punto de imagen, en la que las regiones definidas no se superponen y preferentemente son adyacentes;  
 analizar la forma de cada punto de imagen individual dentro de su región definida; y  
 60 cuantificar el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen para cada punto de imagen individual en función de la forma analizada.

**[0021]** Esta cuantificación puede ser, por ejemplo, 0 para puntos enfocados y 1 para puntos distorsionados localmente, pero también se puede usar una escala más distribuida, por ejemplo, un intervalo de 1-5 o un intervalo de 65 1-10 para cuantificar la distorsión local de un punto de imagen individual en un factor de distorsión local.

**[0022]** La distribución de las regiones definidas y el factor de distorsión local asociado se pueden exhibir en un mapa, por ejemplo, mediante el uso de códigos de color/escalas para indicar la cantidad de distorsión local dentro de una determinada región.

5

**[0023]** En una realización, la unidad informática se dispone para determinar un patrón de líneas de cuadrícula, en el que los puntos de cruce de las líneas de cuadrícula están formados por ubicaciones determinadas de los puntos de imagen, y en el que el estado de la capa lagrimal del ojo, o datos representativos del mismo, se puede determinar mediante una distorsión dentro del patrón de líneas de cuadrícula. Para determinar este patrón de líneas de cuadrícula, la unidad informática puede calcular primero la ubicación de los puntos de imagen, por ejemplo, calculando un punto central de cada punto de imagen del patrón de puntos de imagen. Estos puntos centrales se pueden conectar entre sí conectando líneas para formar líneas de cuadrícula.

10

**[0024]** El patrón de puntos fuente se puede seleccionar, por ejemplo, de modo que la mayoría de las líneas de cuadrícula sean paralelas o perpendiculares entre sí. Como resultado, cuando el patrón de líneas de cuadrícula muestra muchas líneas de cuadrícula rectas y paralelas o perpendiculares, se puede concluir que el estado de la capa lagrimal es relativamente bueno y, cuando el patrón de líneas de cuadrícula muestra muchas líneas de cuadrícula no rectas y no paralelas o no perpendiculares, se puede concluir que el estado de la capa lagrimal es relativamente malo.

15

**[0025]** El patrón de líneas de cuadrícula se puede presentar a un usuario para permitir al usuario determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los datos.

20

**[0026]** En otra realización, la unidad informática se puede disponer para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de la representación de la línea de cuadrícula mediante el análisis de la rectitud de las líneas de cuadrícula y el paralelismo o perpendicularidad de las líneas de cuadrícula entre sí.

25

**[0027]** En una realización, el dispositivo comprende un dispositivo de visualización dispuesto para exhibir el estado de la capa lagrimal del ojo y/o los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo. El dispositivo de visualización puede ser una pantalla de ordenador, pero también una impresora. Es ventajoso que se puedan presentar al usuario datos relevantes, tales como información gráfica. El dispositivo de visualización se puede disponer, por ejemplo, para exhibir un patrón de líneas de cuadrícula que representa el estado de la capa lagrimal del ojo.

30

**[0028]** En una realización, la unidad informática comprende una unidad de memoria provista de información de patrón basada en el patrón de puntos fuente, en la que la unidad informática se dispone para establecer, para cada uno de la pluralidad de rayos de luz reflejados, una correspondencia uno a uno entre un punto fuente y un punto de imagen basada en la información del patrón, en la que la unidad informática se dispone además para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de una comparación de los puntos de imagen y los puntos fuente.

40

**[0029]** Los resultados de datos de la comparación de puntos fuente e imagen se pueden almacenar, por ejemplo, en una base de datos y se pueden comparar con datos obtenidos previamente del mismo ojo o con datos de referencia, por ejemplo, obtenidos del otro ojo de la misma persona o de otras personas. Los datos también se pueden usar durante un periodo de tiempo más largo, por ejemplo, para determinar los efectos del tratamiento de trastornos de la superficie ocular, tal como el síndrome del ojo seco.

45

**[0030]** En una realización, la unidad informática se dispone para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de comparaciones individuales de un punto de imagen del patrón de puntos de imagen y un punto fuente correspondiente del patrón de puntos fuente.

50

**[0031]** La unidad informática se dispone para establecer, para cada uno de la pluralidad de rayos de luz reflejados, una correspondencia de uno a uno entre un punto fuente y un punto de imagen en función de la información de patrón del patrón de puntos fuente. Esto permite que la unidad informática haga una comparación uno a uno entre un punto fuente y un punto de imagen, y determine, para cada uno de los puntos de imagen, una evaluación cuantitativa del estado de la capa lagrimal en la ubicación en la superficie de la córnea correspondiente a ese respectivo punto de imagen. Resultará evidente que, en particular, el uso de patrones de puntos fuente y puntos de imagen proporciona la posibilidad de realizar una comparación individual adecuada entre un punto fuente y un punto de imagen correspondiente.

55

**[0032]** Después de la comparación individual de los puntos fuente y los puntos de imagen correspondientes, los resultados de las comparaciones individuales se pueden agrupar para proporcionar un valor cualitativo único de una o más zonas de la superficie ocular o un valor cualitativo único representativo del estado de la capa lagrimal de la superficie de la córnea completa del respectivo ojo.

60

**[0033]** Los resultados de la comparación, es decir, el estado de la capa lagrimal, se pueden presentar, por

65

ejemplo, en un mapa. En el mapa, se pueden presentar valores asociados con puntos de fuente e imagen individuales o asociados con grupos seleccionados de puntos de fuente e imagen. El mapa se puede exhibir, por ejemplo, en una pantalla de ordenador o imprimirse en papel.

5 **[0034]** En una realización, la unidad informática se dispone para determinar un valor representativo de la distorsión global de un punto de imagen, en la que el valor representativo de la distorsión global del respectivo punto de imagen es representativo de los efectos de una causa global que afecta a un gran número, posiblemente, todos los puntos de imagen, de sustancialmente la misma manera y en la que la unidad informática se dispone, cuando se desea, para corregir o compensar un punto de imagen individual para los efectos de la causa global usando el valor  
10 representativo de la distorsión global del punto de imagen.

**[0035]** La distorsión global se define en esta solicitud como un grado en el que un patrón completo de puntos fuente se refleja y recibe de forma imperfecta como un patrón de puntos de imagen debido a una causa global. Este reflejo imperfecto lo provoca, por ejemplo, el movimiento del dispositivo con respecto a la capa lagrimal. Dado que el  
15 reflejo imperfecto lo provoca una causa global, el cambio en la forma y/o intensidad del reflejo típicamente será sustancialmente el mismo para todos los puntos de imagen.

**[0036]** Dado que la distorsión global de los puntos de imagen es el resultado de una causa global, típicamente, el movimiento del dispositivo con respecto a la capa lagrimal durante el periodo de proyección de la pluralidad de rayos de luz sobre la superficie de la córnea y recepción de la respectiva pluralidad de rayos de luz reflejados en la superficie de la córnea. Cuando los efectos de la distorsión global no se tienen en cuenta durante el procesamiento de los datos de imagen, en particular, durante la comparación de un punto fuente individual y un punto de imagen correspondiente, los efectos provocados por la distorsión global pueden tener un efecto negativo en la evaluación del estado de la capa lagrimal.  
20

**[0037]** Por lo tanto, la unidad informática se puede disponer para corregir un punto de imagen individual de los efectos del movimiento. Puede ser posible que la unidad informática establezca primero si existe una distorsión global sustancial en el patrón de puntos de imagen, y solo corregirá/compensará el patrón de puntos de imagen cuando se establezca que se ha producido una distorsión global sustancial.  
25

**[0038]** En una realización alternativa, el dispositivo se puede configurar para determinar que el patrón de puntos de imagen no es adecuado para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo, cuando el valor representativo de la distorsión global exceda un valor umbral predeterminado.  
30

**[0039]** La distorsión global de los puntos de imagen se determinará típicamente mediante la búsqueda de la misma distorsión en una cantidad sustancial de puntos de imagen, preferentemente, todos los puntos de imagen. Al cuantificar estas distorsiones correspondientes, se puede establecer un valor representativo de la distorsión global. Este valor representativo de la distorsión global, en esta solicitud también denominado como el factor de distorsión global o factor de calidad de estabilidad, se puede usar para corregir y/o compensar puntos de imagen individuales.  
35

**[0040]** En una realización, la información de patrón comprende un identificador para cada uno de los puntos fuente. Para determinar una correspondencia uno a uno entre los puntos fuente y los puntos de imagen, se puede usar un identificador para cada punto.  
40

**[0041]** En una realización, en la que la al menos una fuente de luz comprende fuentes de luz que proyectan rayos de luz con diferentes colores, de modo que el patrón de puntos fuente comprenda al menos dos colores diferentes. Al usar diferentes colores en el patrón de puntos fuente, el esfuerzo con el que se puede establecer la correspondencia uno a uno entre los puntos fuente y los puntos de imagen se puede reducir sustancialmente, y/o la fiabilidad con la que se puede establecer la correspondencia uno a uno entre los puntos fuente y los puntos de imagen se puede aumentar sustancialmente. Para obtener una evaluación y comparación adecuadas de los puntos fuente y los puntos de imagen, es de gran importancia que el emparejamiento de los puntos fuente y los puntos de imagen se realice con precisión.  
45

**[0042]** La invención proporciona además un procedimiento para determinar un estado de la capa lagrimal de un ojo, el procedimiento comprende:  
50

- proyectar, con al menos una fuente de luz, una pluralidad de rayos de luz desde un patrón de puntos fuente sobre una superficie de la córnea;
- recibir, un sistema lente-cámara, una respectiva pluralidad de rayos de luz reflejados en la superficie de la córnea, formando así un patrón de puntos de imagen; y
- determinar, con una unidad informática, el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los puntos de imagen y/o determinar, con una unidad informática, el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los datos de puntos de imagen representativos y proporcionar los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo a un usuario.  
55

**[0043]** En una realización, la etapa de determinar el estado de la capa lagrimal del ojo comprende comparar  
60

los puntos fuente y los puntos de imagen y/o comparar el patrón de los puntos fuente y el patrón de los puntos de imagen.

5 **[0044]** En una realización, la etapa de determinar el estado de la capa lagrimal del ojo comprende determinar, para cada uno de múltiples puntos de imagen, un valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen en la que el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen se puede usar para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo.

10 **[0045]** En una realización, la etapa de determinar el valor representativo de la distorsión local comprende:  
 definir regiones alrededor de una posición central de cada punto de imagen, en la que las regiones definidas no se superponen y preferentemente son adyacentes;  
 analizar la forma de cada punto de imagen individual dentro de su región definida; y  
 15 cuantificar un valor del factor de distorsión local para cada punto de imagen individual en función de la forma analizada.

**[0046]** En una realización, el procedimiento comprende la etapa de determinar un patrón de líneas de cuadrícula, en el que los puntos de cruce de las líneas de cuadrícula están formados por ubicaciones determinadas de los puntos de imagen, y en el que una distorsión dentro del patrón de líneas de cuadrícula es representativa del estado de la capa lagrimal del ojo.  
 20

**[0047]** En una realización, el procedimiento comprende exhibir, con un dispositivo de visualización, el estado de la capa lagrimal del ojo y/o los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo.

25 **[0048]** En una realización, el procedimiento comprende las etapas de crear un mapa que muestra la distorsión local de los respectivos puntos de imagen o grupos de puntos de imagen.

**[0049]** En una realización, el procedimiento comprende:

30 - proporcionar información de patrón en función de los patrones de los puntos fuente;  
 - establecer una correspondencia uno a uno entre cada uno de los respectivos puntos fuente y los puntos de imagen en función de la información de patrón; y  
 - comparar los puntos de imagen y los puntos fuente para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo.

35 **[0050]** En una realización, la etapa de comparar comprende determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de comparaciones individuales de un punto de imagen del patrón de puntos de imagen y un punto fuente correspondiente del patrón de puntos fuente.

40 **[0051]** En una realización, el procedimiento comprende las etapas de:

determinar un valor representativo de la distorsión global de un punto de imagen, en el que el valor representativo de la distorsión global del respectivo punto de imagen es representativo de los efectos de una causa global que afecta a un gran número, posiblemente, todos los puntos de imagen, de sustancialmente la misma manera, y corregir o compensar un punto de imagen individual para los efectos de la causa global usando el valor representativo de la distorsión global del punto de imagen, y/o  
 45 cuando el valor representativo de la distorsión global exceda un valor umbral predeterminado, determinar que el patrón de puntos de imagen no es adecuado para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo.

50 **[0052]** Ahora, se describirá más detalladamente una realización de un dispositivo según la invención, a modo solo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una realización de un dispositivo según la invención;  
 la figura 2 muestra esquemáticamente un panel que comprende un patrón de puntos fuente multicolor como se puede aplicar en un topógrafo según la invención;  
 55 la figura 3 muestra esquemáticamente un patrón de puntos de imagen como se obtiene usando un estimulador que comprende 7 paneles como se muestra en la figura 2;  
 las figuras 4 y 5 muestran cada una esquemáticamente tres puntos fuente y puntos de imagen asociados;  
 la figura 6 muestra un mosaico de regiones definidas, mediante el cual cada región se asocia con un único punto de imagen;  
 60 la figura 7 muestra un mapa que indica, para cada región individual, un estado de la capa lagrimal del ojo; y  
 las figuras 8 y 9 muestran un ejemplo de una presentación de líneas de cuadrícula representativa del estado de la capa lagrimal del ojo.

**[0053]** En la figura 1, se muestra esquemáticamente una realización de un dispositivo según la presente invención. Este dispositivo se configura para determinar un estado de una capa lagrimal de un ojo.

**[0054]** El dispositivo se basa en un topógrafo corneal como se muestra y describe en el documento WO 2012/067508, cuyo contenido se incorpora en esta solicitud a modo de referencia en su totalidad.

5 **[0055]** La realización de la figura 1 muestra esquemáticamente un estimulador multicolor 100 dispuesto para proyectar una pluralidad de rayos de luz sobre una superficie corneal 110. El estimulador 100 puede, por ejemplo, tener una superficie de forma cónica o una superficie de forma semiesférica 120 mediante la cual se dispone una pluralidad de los puntos fuente en esta superficie 120 para proyectar la pluralidad de rayos de luz sobre la superficie corneal 110. En una realización, los puntos fuente se pueden proporcionar mediante el montaje de ledes 130 de  
10 diferente color en la superficie 120. Como alternativa, los puntos fuente pueden estar formados por puntos de extremo de fibra óptica dispuestos para emitir rayos de luz hacia la superficie corneal 110.

**[0056]** Como se muestra esquemáticamente, un rayo de luz incidente I, emitido por el punto fuente (Sp) 130.1 (que tiene las coordenadas (Xs, Ys, Zs)) interseca la superficie corneal 110 (en el punto de intersección corneal C (que tiene las coordenadas (Xc, Yc, Zc)) y da lugar a un rayo de luz R reflejado hacia una lente 150 de un sistema lente-cámara para registrar el reflejo corneal. El rayo de luz reflejado R lo recibe posteriormente un plano de cámara 170 del sistema lente-cámara que da lugar a un punto de imagen (Ip) que tiene coordenadas (Xi, Yi, Zi). Como se puede observar en la figura 1, la abertura del cono 120 (o semiesfera) se orienta hacia la superficie corneal 110 del ojo que se va a medir. El dispositivo, tal como se muestra, comprende además una unidad informática 180, por ejemplo, un  
20 ordenador o microprocesador para procesar las imágenes capturadas y construir, en función de la imagen capturada, una representación matemática del estado de la capa lagrimal. La unidad informática 180 comprende una unidad de memoria para almacenar datos relevantes, tales como información de patrón de los puntos fuente. Se puede proporcionar un dispositivo de visualización 181, por ejemplo, una pantalla de ordenador o impresora para exhibir datos relevantes.

25 **[0057]** En una realización, el estimulador multicolor comprende una pluralidad de segmentos, que pueden ser idénticos o no. Como ejemplo de dicha realización, los puntos fuente del estimulador se montan en una pluralidad de placas tales como PCI. En una disposición de este tipo, se pueden ensamblar múltiples paneles de PCI para formar una forma sustancialmente cónica. Como ejemplo, dicho estimulador se puede construir usando al menos 3 paneles.  
30 A continuación, se muestra un ejemplo más detallado que comprende 7 paneles de PCI. La figura 2 muestra esquemáticamente una vista en planta de dicho panel 200 mediante el cual los símbolos o, + y • se utilizan para denotar posiciones de punto fuente de color diferente. En el ejemplo que se muestra, 96 puntos fuente (por ejemplo, ledes) se disponen en el panel. 7 de dichos paneles, por lo que cada panel de PCI puede tener una disposición idéntica de puntos fuente, es decir, ledes de colores, se pueden ensamblar para formar el estimulador sustancialmente cónico.  
35 En una realización, la disposición de los puntos fuente en un panel es de modo que un reflejo sobre una superficie esférica formará un patrón de cuadrícula sustancialmente rectangular. En la figura 3, se muestra esquemáticamente el patrón de imagen resultante 300 cuando se usan 7 paneles según la figura 2. Como lo indican las líneas de puntos 310, los puntos de imagen se obtienen a partir de un patrón de cuadrícula sustancialmente rectangular. Para identificar un panel particular a partir de los otros paneles (suponiendo que los paneles sean idénticos), se puede usar la  
40 orientación del patrón de cuadrícula rectangular. Por tanto, se puede usar una orientación de este tipo para ayudar a establecer una identificación única de un punto de imagen. La orientación del patrón de cuadrícula puede derivar, por ejemplo, de la evaluación de las posiciones de un subconjunto de puntos de imagen. Como se puede observar a partir del patrón de puntos fuente en la figura 2, para realizar un patrón de cuadrícula rectangular tal como un patrón de puntos de imagen, los puntos fuente se pueden disponer a lo largo de líneas curvas, por ejemplo, curvatura 210 como  
45 se indica en la figura 2.

**[0058]** Para establecer una correspondencia uno a uno entre los puntos fuente y los puntos de imagen, el dispositivo aplica información de patrón de color basada en el patrón multicolor de los puntos fuente. Dicha información puede, por ejemplo, describir partes del patrón de color, por ejemplo, como una pluralidad de conjuntos de matrices.  
50 Como ejemplo, se pueden usar matrices  $n \times m$  (por ejemplo,  $2 \times 2$  o  $3 \times 3$ ) para describir el patrón de color de los puntos fuente  $n \times m$ . Al emparejar los patrones de color de las matrices con el patrón de los puntos de imagen, se puede establecer una correspondencia entre los puntos de imagen y el punto fuente.

**[0059]** Como se describió anteriormente, el dispositivo de la invención comprende al menos una fuente de luz  
55 dispuesta para formar un patrón de puntos fuente para proyectar una pluralidad de rayos de luz sobre una superficie de la córnea de un ojo que se va a examinar y un sistema lente-cámara dispuesto para recibir una respectiva pluralidad de rayos de luz reflejados en la superficie de la córnea, formando así un patrón de puntos de imagen.

**[0060]** Después de que la unidad informática 180 ha recibido el patrón de puntos de imagen, la unidad  
60 informática 180 establecerá, para cada uno de la pluralidad de rayos de luz reflejados, una correspondencia uno a uno entre un punto fuente y un punto de imagen en función de la información de patrón, que se almacena en la unidad de memoria.

**[0061]** La unidad informática 180 puede determinar a continuación el estado de la capa lagrimal del ojo en  
65 función de una comparación de los puntos de imagen y los puntos fuente. La comparación se basa en comparaciones

individuales de un punto de imagen del patrón de puntos de imagen y un punto fuente correspondiente del patrón de puntos fuente. Esta estrategia se basa en la idea de que la reflectividad de una superficie de la córnea en una determinada ubicación en la superficie de la córnea depende del estado de la capa lagrimal de la superficie de la córnea en esa ubicación. En particular, un valor representativo de la distorsión local del punto de imagen con respecto al punto fuente es una medida fiable para determinar el estado de la capa lagrimal.

**[0062]** La distorsión local es el grado en el que un punto fuente individual se refleja y recibe de forma imperfecta como un punto de imagen. Este reflejo imperfecto lo provoca típicamente un estado local de la capa lagrimal, es decir, es independiente del estado de la capa lagrimal en otras ubicaciones. Dado que el reflejo imperfecto lo provoca un estado local de la capa lagrimal, la forma y la intensidad del reflejo serán típicamente diferentes para diferentes puntos de imagen, incluso cuando el estado de las capas lagrimales en las ubicaciones de los diferentes puntos de imagen es sustancialmente el mismo. Se observa que la distorsión local en el reflejo de un único punto fuente puede dar lugar a un cambio en la forma o dimensión. Además, un único punto fuente se puede distorsionar de modo que el punto de imagen se rompa en múltiples puntos.

**[0063]** Los puntos fuente serán pequeñas manchas de luz que son el resultado de la pluralidad de rayos de luz proyectados sobre la superficie de la córnea. Estos puntos fuente tienen, por ejemplo, una forma circular con un diámetro relativamente pequeño. En dependencia de la reflectividad de la superficie de la córnea en la ubicación donde se proyecta el punto de imagen en la superficie de la córnea, el reflejo será más similar a un espejo cuando el estado de la capa lagrimal sea relativamente bueno, y más distorsionado localmente cuando el estado de la capa lagrimal sea relativamente malo.

**[0064]** Sin embargo, otro efecto también puede influir en el reflejo de los rayos de luz en la superficie de la córnea. Este efecto se denomina distorsión global. La distorsión global se define en esta solicitud como un grado en el cual un patrón completo de puntos fuente se refleja y recibe de forma imperfecta como un patrón de puntos de imagen. Este reflejo imperfecto del patrón completo lo provoca una causa global, por ejemplo, un movimiento del dispositivo con respecto a la superficie de la córnea. Dado que el reflejo imperfecto lo provoca una causa global, el efecto en el cambio en la forma e intensidad del reflejo típicamente será sustancialmente el mismo para diferentes puntos de imagen en el patrón de puntos de imagen.

**[0065]** Para usar con precisión los puntos fuente y los puntos de imagen para determinar un estado de la capa lagrimal del ojo, los efectos de la distorsión global, si están presentes, se deben corregir o compensar. Puede ser posible que la unidad informática 180 establezca primero si el factor de distorsión global excede un determinado valor umbral, y solo corregirá/compensará cuando la distorsión global exceda este valor umbral. También se puede decidir que, debido a la distorsión global, el patrón de puntos de imagen no es adecuado para determinar el estado de la capa lagrimal cuando el factor de distorsión global exceda un determinado valor umbral.

**[0066]** La figura 4 muestra, a modo de ejemplo, tres puntos fuente SP1, SP2, SP3 y tres puntos de imagen IP1, IP2, IP3. Se observa que, debido a la distorsión local, el primer punto de imagen IP1 comprende múltiples (cuatro) puntos de imagen. La unidad informática 180 ya ha establecido una correspondencia uno a uno entre los puntos fuente SP1, SP2, SP3 y los puntos de imagen correspondientes IP1, IP2 e IP3, respectivamente. Se observa que el primer y el segundo punto fuente SP1, SP2 y el primer y el segundo punto de imagen IP1, IP2 se ubican relativamente cerca entre sí en comparación con la ubicación del tercer punto fuente SP3 y el tercer punto de imagen IP3. Esto se indica en la figura 4 con una línea de separación discontinua.

**[0067]** En la figura 4, los puntos fuente y los puntos de imagen se representan uno encima del otro. Al evaluar el patrón de puntos fuente SP1, SP2, SP3 y el patrón asociado de puntos de imagen IP1, IP2, IP3, se puede establecer que todos los puntos de imagen comprenden una distorsión correspondiente que la provoca el movimiento del dispositivo con respecto a la superficie de la córnea durante la proyección de los rayos de luz y la recepción de los rayos de luz reflejados. Este movimiento se indica con una flecha M. Dado que estas distorsiones correspondientes en el patrón de puntos de imagen las provoca una causa global, es deseable corregir/compensar estas distorsiones, de modo que estas distorsiones no se utilicen como indicador del estado de la capa lagrimal. Esta compensación se puede llevar a cabo determinando un factor de distorsión global, una distorsión correspondiente en sustancialmente todos los puntos de imagen, y usando este factor de distorsión global para compensar la distorsión para todo el patrón de puntos de imagen.

**[0068]** La figura 5 muestra tres puntos fuente SP1, SP2, SP3 y tres puntos de imagen IP1, IP2, IP3 después de dicha compensación. Se observa que la compensación también se puede llevar a cabo de cualquier otra manera adecuada, y no necesariamente tiene que dar lugar a un cambio de forma de los respectivos puntos de imagen IP1, IP2, IP3.

**[0069]** Ahora, se puede observar que el primer y el segundo punto de imagen IP1, IP2 muestran una forma relativamente distorsionada localmente en comparación con el punto fuente correspondiente SP1, SP2, respectivamente. Por el contrario, la forma del tercer punto de imagen IP3 solo cambia ligeramente con respecto al tercer punto fuente SP3. Se puede concluir que, en la ubicación en la superficie de la córnea asociada con el tercer

punto de imagen IP3, se obtiene un reflejo similar a un espejo relativamente bueno, lo que indica un buen estado de la capa lagrimal, mientras que, en la ubicación de la superficie de la córnea del primer y el segundo punto de imagen IP1, IP2, se obtiene poco reflejo, con una distorsión local relativamente alta que indica un mal estado de la capa lagrimal.

5

**[0070]** Para proporcionar retroalimentación útil sobre la distorsión local de cada uno de los puntos de imagen, la unidad informática 180 se dispone para determinar, para cada uno de múltiples puntos de imagen, un valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen, en la que el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen se puede usar para indicar/determinar el estado de la capa lagrimal del ojo.

10

**[0071]** En una realización, las siguientes etapas se realizan para establecer el valor representativo de la distorsión local de un respectivo punto de imagen.

**[0072]** Como primera etapa, la unidad informática 180 define, para cada punto de imagen, una región alrededor de una posición central de ese punto de imagen, en la que las regiones definidas no se superponen y son adyacentes. Un ejemplo de dicho mosaico de regiones se muestra en la figura 6.

**[0073]** En una siguiente etapa, la unidad informática 180 puede examinar la forma de cada punto de imagen individual dentro de su propia región definida y, después de eso, el factor de distorsión local, es decir, un valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen, se puede cuantificar para cada punto de imagen individual en función de la forma analizada.

**[0074]** La cuantificación de la distorsión local dentro de cada región se puede realizar con cualquier sistema de puntuación adecuado. Por ejemplo, los puntos de imagen se pueden clasificar en dos categorías, no distorsionados localmente o distorsionados localmente. Las regiones no distorsionadas localmente se pueden indicar, por ejemplo, con «0» y las regiones distorsionadas localmente se pueden indicar con «1». El sistema de puntuación también puede comprender múltiples escalas, tales como no distorsionados, con poca distorsión, con una distorsión intermedia, con una distorsión alta y con una distorsión muy alta, por ejemplo, indicadas por una escala de «1» a «5». También se puede aplicar cualquier otro sistema de puntuación.

30

**[0075]** Para expresar el estado de la capa lagrimal, los factores de mancha para puntos de imagen individuales también se pueden combinar con un factor de distorsión local combinado para determinadas zonas del ojo. Por ejemplo, para cada panel del estimulador (un panel mostrado en la figura 2), se puede determinar un factor de distorsión local combinado con el cual se indica el estado de la capa lagrimal para la zona respectiva de la superficie de la córnea. También es posible que se determine un único factor de distorsión local para toda la superficie de la córnea del ojo.

35

**[0076]** La figura 7 muestra un mapa en el que se muestra la distribución de las regiones definidas de la figura 6, y en el que cada una de las regiones se llena según una escala de grises. La intensidad de la escala de grises indica el factor de distorsión local para el punto de imagen asociado con esta región. Por ejemplo, un gris más oscuro indica una región con un factor de distorsión local bajo, es decir, el estado de la capa lagrimal es relativamente bueno, mientras que un gris más claro indica una región con un factor de distorsión local alto, es decir, el estado de la capa lagrimal es relativamente malo.

40

**[0077]** El mapa de la figura 7 proporciona una retroalimentación adecuada al operador del dispositivo sobre el estado de la capa lagrimal del ojo. Este mapa se puede exhibir en un monitor de ordenador o imprimirse.

45

**[0078]** Los datos del mapa o, más generalmente, los factores de distorsión locales individuales y/o combinados se pueden almacenar en una base de datos, por ejemplo, en la unidad de memoria para futura referencia. Los datos se pueden usar, por ejemplo, para monitorear el estado de la capa lagrimal en el transcurso del tiempo, por ejemplo, para determinar el tiempo entre el parpadeo de un ojo y la ruptura de la película lagrimal. Pero los datos también se pueden usar durante un periodo de tiempo más largo, por ejemplo, para determinar los efectos del tratamiento de trastornos de la superficie ocular, tal como el síndrome del ojo seco.

50

**[0079]** En las figuras 9 y 10 se muestra otro tipo de representaciones representativas del estado de la capa lagrimal de un ojo humano. Esta representación se puede exhibir, por ejemplo, mediante la unidad de visualización 181. La representación se basa en líneas de cuadrícula dibujadas entre los centros de los puntos de imagen. Aunque los puntos fuente se reflejarían perfectamente, las líneas de cuadrícula serían líneas rectas que transcurren paralelas o perpendiculares entre sí. La no rectitud de las líneas de cuadrícula, o las líneas de cuadrícula no paralelas o no perpendiculares indican que hay distorsión en los puntos de imagen correspondientes.

60

**[0080]** En una realización, el dispositivo de visualización se dispone para exhibir los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo como un patrón de líneas de cuadrícula, en el que los puntos de cruce de las líneas de cuadrícula están formados para determinar las ubicaciones de los puntos de imagen, y en el que el estado de la capa lagrimal del ojo se puede determinar por la distorsión dentro del patrón de líneas de cuadrícula.

65

**[0081]** La figura 9 muestra una representación de línea de cuadrícula en la que las líneas de cuadrícula son relativamente rectas y paralelas o perpendiculares. Esto indica que el estado de la capa lagrimal es relativamente bueno.

5

**[0082]** La figura 10 muestra una representación de líneas de cuadrícula en la que las líneas de cuadrícula son menos rectas y menos paralelas o perpendiculares. Esto indica que el estado de la capa lagrimal es relativamente malo.

10 **[0083]** Por tanto, las representaciones como se muestran en las figuras 9 y 10, que se basan en la comparación del patrón de puntos fuente y el patrón de puntos de imagen, proporcionan datos al usuario representativos del estado de la capa lagrimal del ojo, lo que permite al usuario determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los datos.

15 **[0084]** En otra realización, la unidad informática se puede disponer para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de la representación de la línea de cuadrícula mediante el análisis de la rectitud de las líneas de cuadrícula y el paralelismo o perpendicularidad de las líneas de cuadrícula entre sí.

**[0085]** Según lo esperado, en esta solicitud, se describen realizaciones detalladas de la presente invención; sin embargo, deberá entenderse que las realizaciones descritas son meramente ejemplares de la invención, y pueden llevarse a la práctica de distintas formas. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos descritos en la presente invención no deberán interpretarse como limitantes, sino simplemente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la materia a emplear la presente invención de distintas maneras en prácticamente cualquier estructura detallada de forma adecuada. Además, los términos y frases utilizados en esta solicitud no pretenden ser limitantes, sino más bien proporcionar una descripción comprensible de la invención.

20 **[0086]** Los términos «un/o» o «una», tal como se usan en esta solicitud, se definen como uno o más de uno. El término «pluralidad», tal como se usa en esta solicitud, se define como dos o más de dos. El término «otro/a», tal como se usa en esta solicitud, se define como al menos una segunda unidad o más unidades. Los términos «incluido/s» y/o «que tiene/tienen», tal como se usan en esta solicitud, se refieren a que comprenden (es decir, lenguaje abierto, que no excluyen otros elementos o etapas). Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no deberá interpretarse como limitante del alcance de las reivindicaciones o de la invención.

30 **[0087]** El mero hecho de que determinadas medidas se reciten en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no se pueda usar una combinación de esas medidas para obtener beneficios.

**[0088]** Un único procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de diversos artículos mencionados en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo para determinar un estado de la capa lagrimal del ojo, que comprende:
  - 5 al menos una fuente de luz dispuesta para formar un patrón de puntos fuente para proyectar una pluralidad de rayos de luz sobre una superficie de la córnea y un sistema lente-cámara dispuesto para recibir una respectiva pluralidad de rayos de luz reflejados en la superficie de la córnea, formando así un patrón de puntos de imagen; **caracterizado por**
  - 10 una unidad informática dispuesta para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los puntos de imagen y/o para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los datos de puntos de imagen representativos y para proporcionar los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo a un usuario.
  
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la unidad informática se dispone para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo al comparar los puntos fuente y los puntos de imagen y/o comparar el patrón de los puntos fuente y el patrón de los puntos de imagen.
  
3. El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, en el que la unidad informática se dispone para determinar, para cada uno de los múltiples puntos de imagen, un valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen, en el que el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen se puede usar para
  - 20 determinar el estado de la capa lagrimal del ojo, en el que la unidad informática, por ejemplo, se dispone para establecer el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen mediante las siguientes etapas:
    - definir regiones alrededor de una posición central de cada punto de imagen, en el que las regiones definidas no se superponen y preferentemente son adyacentes; analizar la forma de cada punto de imagen individual dentro de su
      - 25 región definida; y
      - cuantificar el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen para cada punto de imagen individual en función de la forma analizada.
  
4. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la unidad informática se dispone para
  - 30 determinar un patrón de líneas de cuadrícula, en el que los puntos de cruce de las líneas de cuadrícula están formados por ubicaciones determinadas de los puntos de imagen, y en el que el estado de la capa lagrimal del ojo, o datos representativos del mismo, se puede determinar mediante una distorsión dentro del patrón de líneas de cuadrícula.
  
5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el dispositivo comprende un dispositivo
  - 35 de visualización dispuesto para exhibir el estado de la capa lagrimal del ojo y/o los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo.
  
6. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la unidad informática comprende una
  - 40 unidad de memoria provista de información de patrón basada en el patrón de puntos fuente, en el que la unidad informática se dispone para establecer, para cada uno de la pluralidad de rayos de luz reflejados, una correspondencia uno a uno entre un punto fuente y un punto de imagen basada en la información del patrón,

en el que la unidad informática se dispone además para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de una comparación de los puntos de imagen y los puntos fuente, en el que la unidad informática, por ejemplo, se dispone
 
  - 45 para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de comparaciones individuales de un punto de imagen del patrón de puntos de imagen y un punto fuente correspondiente del patrón de puntos fuente.
  
7. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la unidad informática se dispone para
  - 50 determinar un valor representativo de la distorsión global de un punto de imagen, en el que el valor representativo de la distorsión global del respectivo punto de imagen es representativo de los efectos de una causa global que afecta a un gran número, posiblemente, todos los puntos de imagen, de sustancialmente la misma manera,

y/o

en el que la al menos una fuente de luz comprende fuentes de luz que proyectan rayos de luz con diferentes colores, de modo que el patrón de puntos de fuente comprenda al menos dos colores diferentes.
  
8. Un procedimiento para determinar un estado de la capa lagrimal de un ojo, el procedimiento comprende:
  - proyectar, con al menos una fuente de luz, una pluralidad de rayos de luz desde un patrón de puntos fuente sobre una superficie de la córnea; y
  - 60 - recibir, un sistema lente-cámara, una respectiva pluralidad de rayos de luz reflejados en la superficie de la córnea, formando así un patrón de puntos de imagen; **caracterizado por**
  - determinar, con una unidad informática, el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los puntos de imagen y/o determinar, con una unidad informática, el estado de la capa lagrimal del ojo en función de los datos de puntos de imagen representativos y proporcionar los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo a un
    - 65 usuario.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la etapa de determinar el estado de la capa lagrimal del ojo comprende comparar los puntos fuente y los puntos de imagen y/o comparar el patrón de los puntos fuente y el patrón de los puntos de imagen.

5

10. El procedimiento de la reivindicación 8 o 9, en el que la etapa de determinar el estado de la capa lagrimal del ojo comprende determinar, para cada uno de múltiples puntos de imagen, un valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen, en el que el valor representativo de la distorsión local del respectivo punto de imagen se puede usar para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo, en el que la etapa de determinar el valor representativo de la distorsión local, por ejemplo, comprende:

10

definir regiones alrededor de una posición central de cada punto de imagen, en el que las regiones definidas no se superponen y preferentemente son adyacentes; analizar la forma de cada punto de imagen individual dentro de su región definida; y

15

cuantificar un valor del factor de distorsión local para cada punto de imagen individual en función de la forma analizada.

11. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que el procedimiento comprende la etapa de determinar un patrón de líneas de cuadrícula, en el que los puntos de cruce de las líneas de cuadrícula están formados por ubicaciones determinadas de los puntos de imagen, y en el que la distorsión dentro del patrón de líneas de cuadrícula es representativa del estado de la capa lagrimal del ojo.

20

12. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en el que el procedimiento comprende exhibir, con un dispositivo de visualización, el estado de la capa lagrimal del ojo y/o los datos representativos del estado de la capa lagrimal del ojo.

25

13. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en el que el procedimiento comprende las etapas de crear un mapa que muestra la distorsión local de los respectivos puntos de imagen o grupos de puntos de imagen.

30

14. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 8-13, donde el procedimiento comprende:

- proporcionar información de patrón en función de los patrones de los puntos fuente;
- establecer una correspondencia uno a uno entre cada uno de los respectivos puntos fuente y los puntos de imagen en función de la información de patrón; y
- comparar los puntos de imagen y los puntos fuente para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo, en el que la etapa de comparar, por ejemplo, comprende determinar el estado de la capa lagrimal del ojo en función de comparaciones individuales de un punto de imagen del patrón de puntos de imagen y un punto fuente correspondiente del patrón de puntos fuente.

40

15. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 8-14, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

45

determinar un valor representativo de la distorsión global de un punto de imagen, en el que el valor representativo de la distorsión global del respectivo punto de imagen es representativo de los efectos de una causa global que afecta a un gran número, posiblemente, todos los puntos de imagen, de sustancialmente la misma manera, y corregir o compensar un punto de imagen individual para los efectos de la causa global usando el valor representativo de la distorsión global del punto de imagen, y/o

50

cuando el valor representativo de la distorsión global exceda un valor umbral predeterminado, determinar que el patrón de puntos de imagen no es adecuado para determinar el estado de la capa lagrimal del ojo.

Figura 1

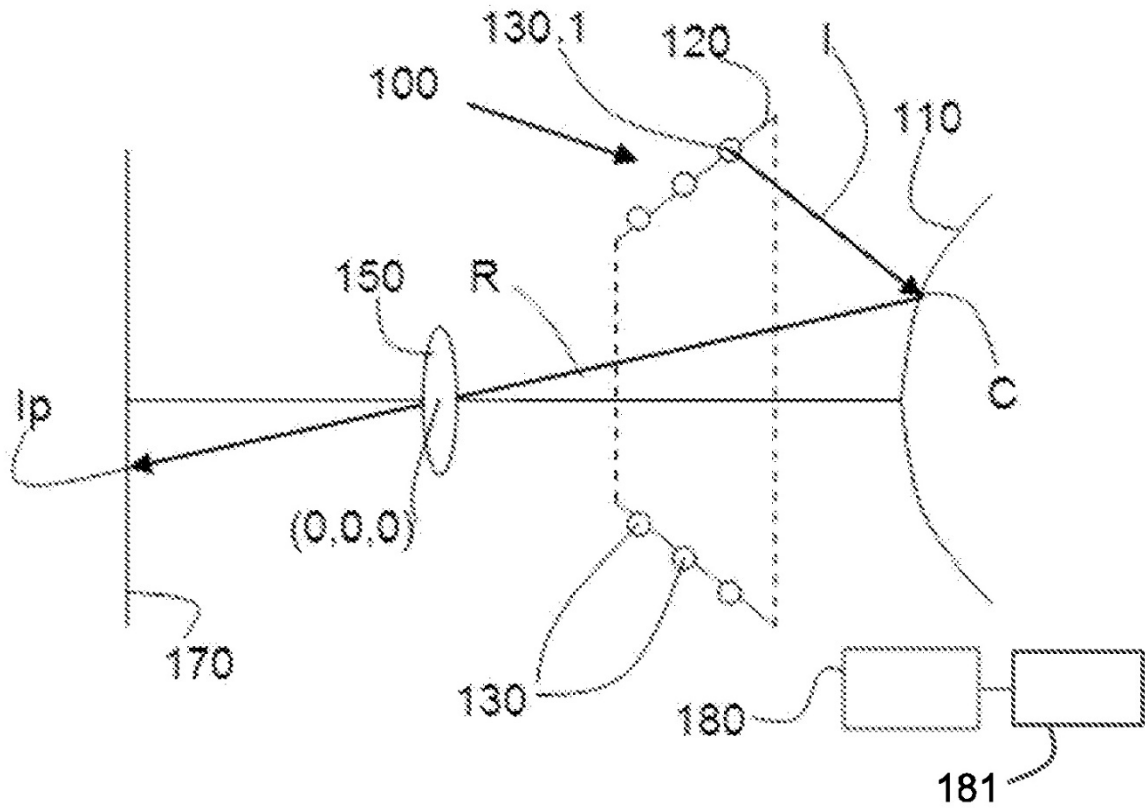
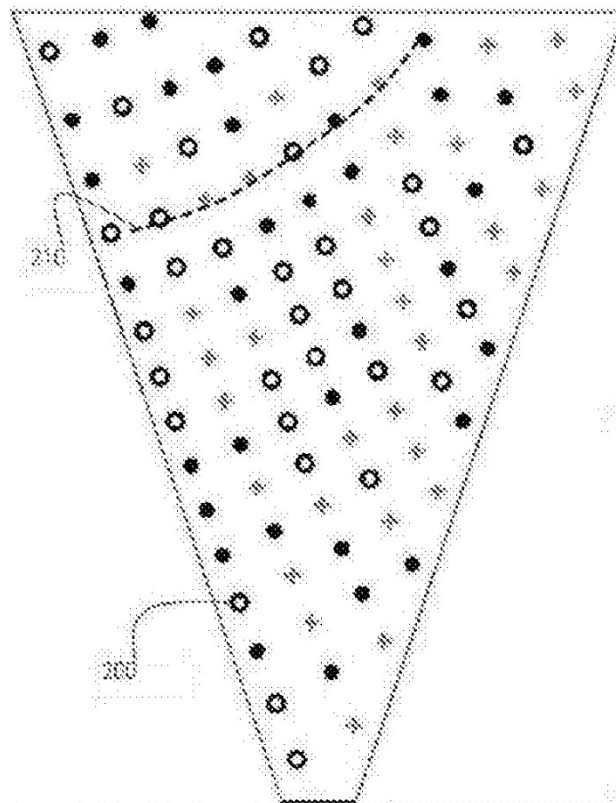
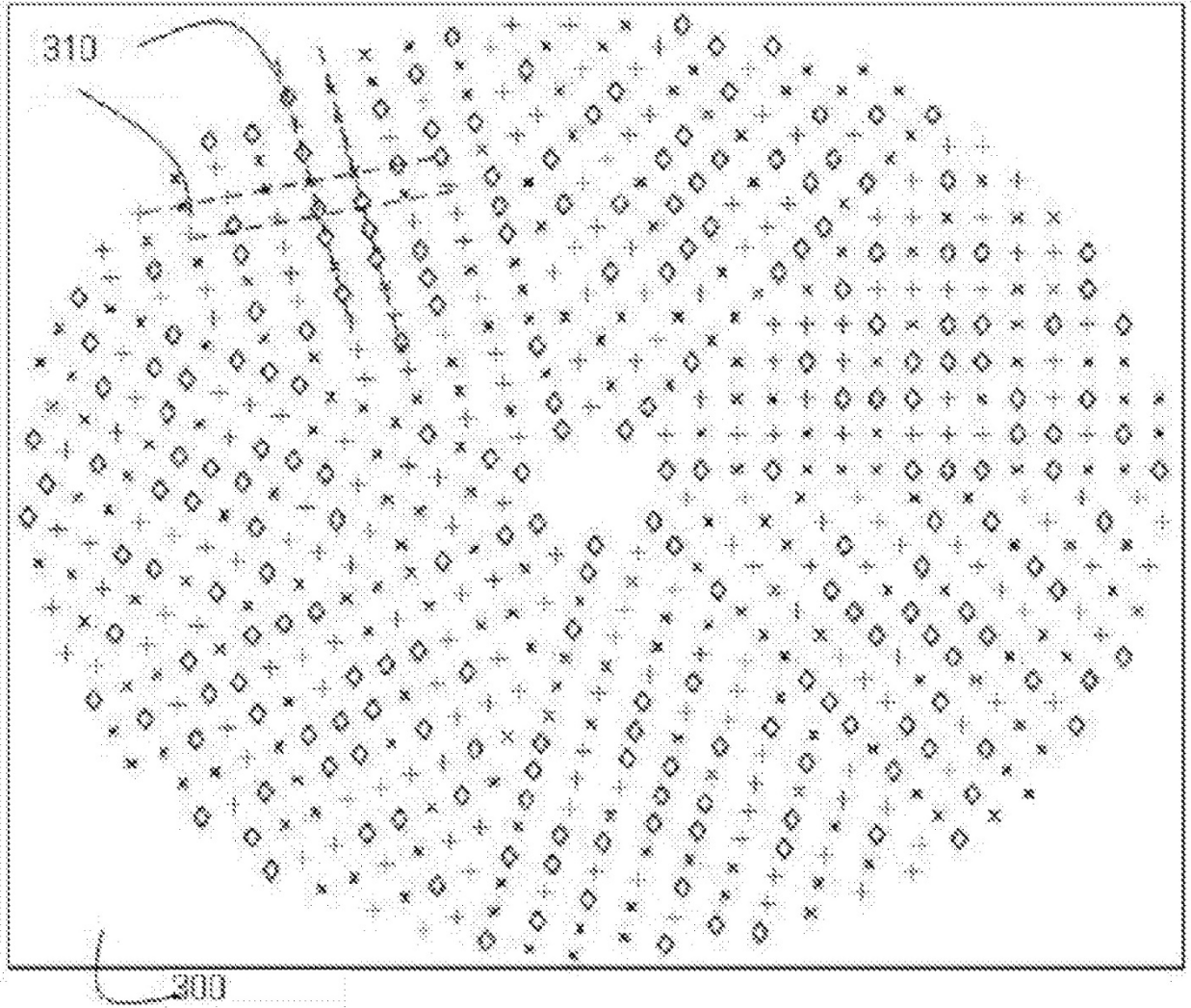


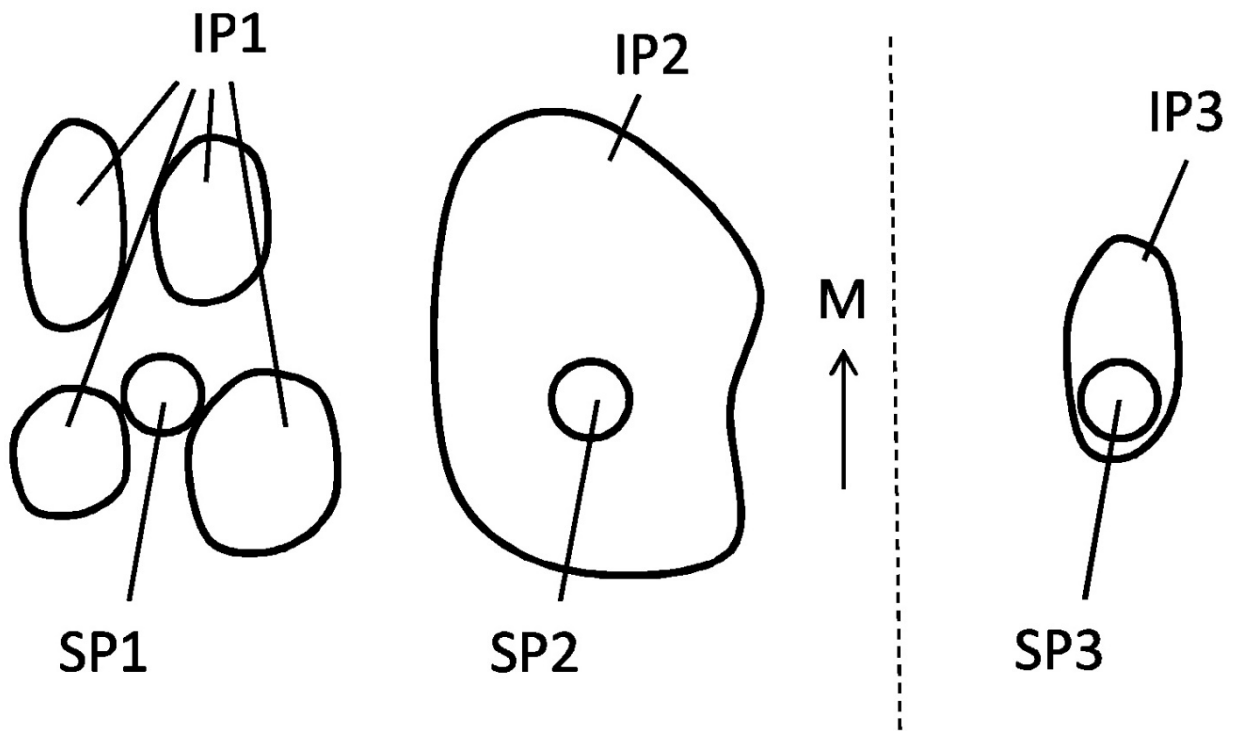
Figura 2



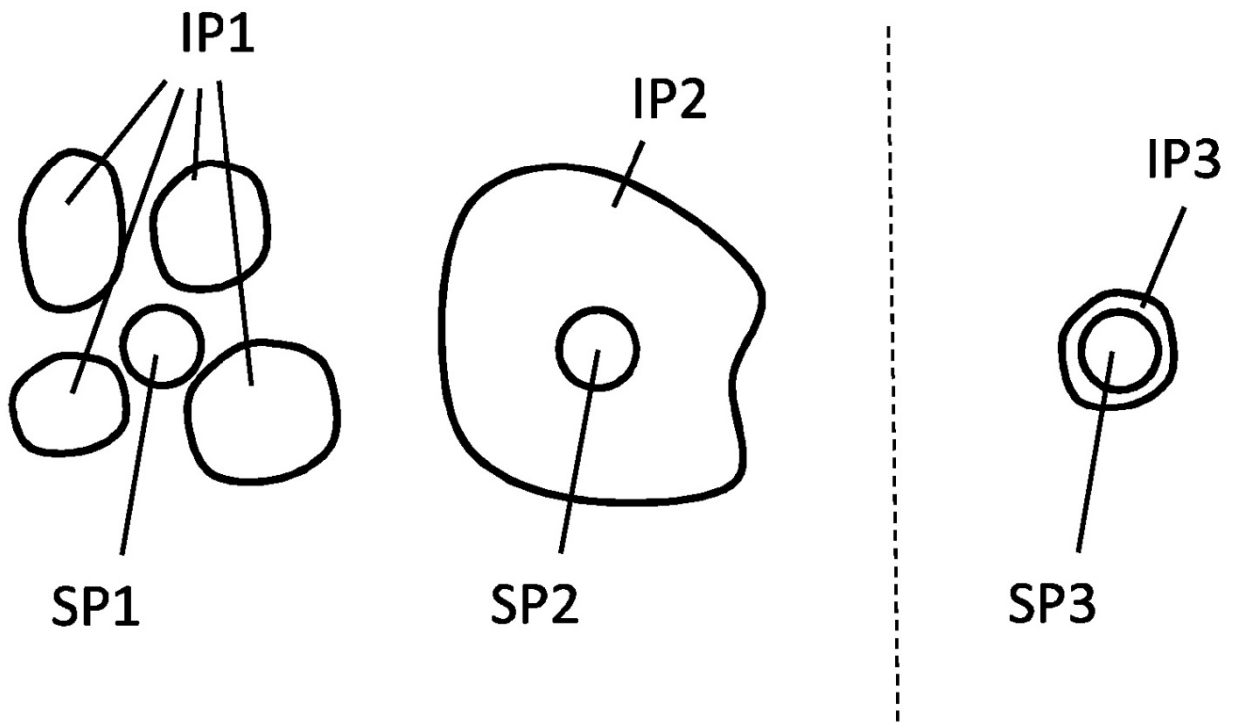
**Figura 3**



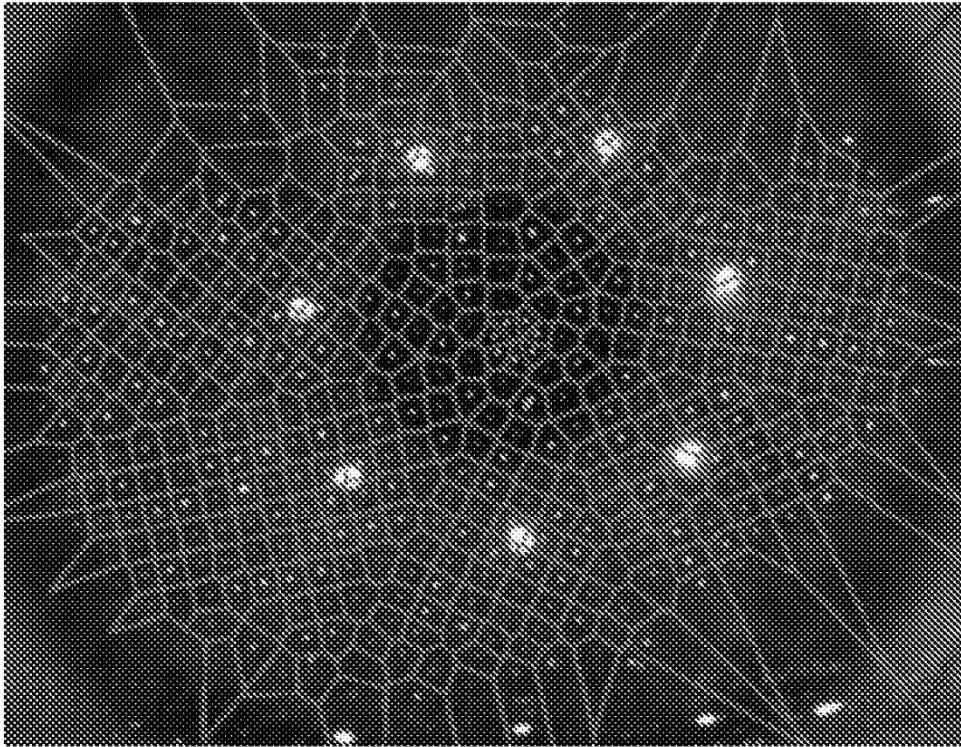
**Figura 4**



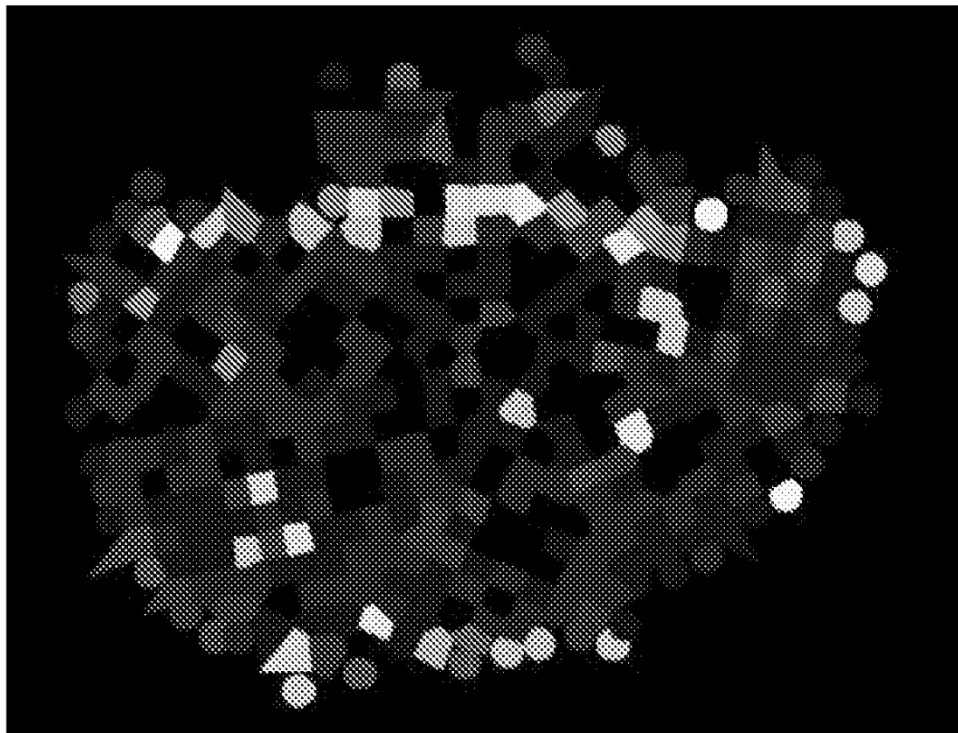
**Figura 5**



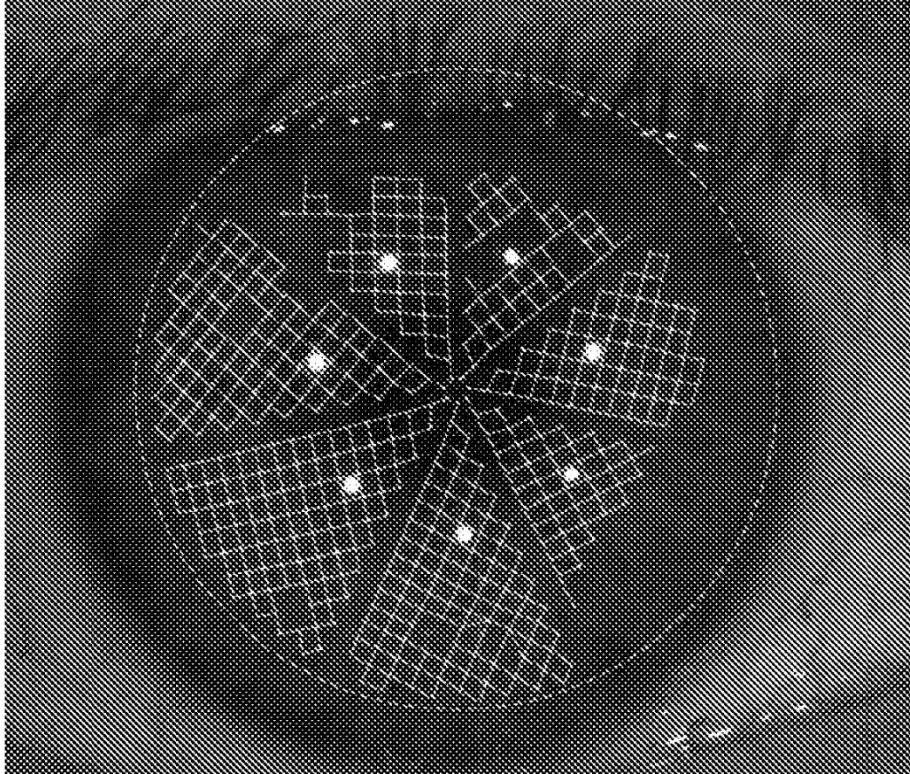
**Figura 6**



**Figura 7**



**Figura 8**



**Figura 9**

